RECEIVED
AUG 7 1924
INT. AGR. INST.

LES SOLS ALCALINS

Leur Nature et leur Assainissement

PAR
FRANK T. SHUTT, M.A., D.Sc.,
CHIMISTE DU DOMINION

SERVICE DE LA CHIMIE
FERMES EXPÉRIMENTALES FÉDÉRALES

DOMINION DU CANADA
MINISTÈRE FÉDÉRAL DE L'AGRICULTURE
BULLETIN No 21—NOUVELLE SÉRIE

Traduit au bureau de traduction du Ministère

Publié par ordre de l'Hon. W. R. Motherwell, Ministre de l'Agriculture
Ottawa, 1923

630.4
C212
B 21
new ser.
fr.
617

DIVISION DES FERMES EXPÉRIMENTALES FÉDÉRALES

PERSONNEL

Directeur, E. S. Archibald, B.A., B.S.A.

Eleveur du Dominion.. .. .. G. B. Rothwell, B.S.A.
Agriculteur du Dominion.. .. .. E. S. Hopkins, B.S.A., M.S.
Horticulteur du Dominion.. .. .. W. T. Macoun.
Céréaliste du Dominion.. .. .. L. H. Newman, B.S.A.
Agrostographe du Dominion.. .. .. G. P. McRostie, B.S.A., Ph. D.
Chimiste du Dominion.. .. .. Frank T. Shutt, M.A., D.Sc.
Bactériologiste du Dominion.. .. .. Grant Lockhead, Ph.D.
Botaniste du Dominion.. .. .. H. T. Gussow.
Aviculteur du Dominion .. .. F. C. Elford.
Chef du Service des Tabacs.. .. .. F. Charlan, B.Sc.
Apiculteur du Dominion .. .. C. B. Gooderham, B.S.A.
Chef, Service de l'extension et de la publicité.. .. .. F. C. Nunnick, B.S.A.
Surveillant en chef des stations d'illustration.. .. .. John Fixter.
Spécialiste en fibres économiques.. .. .. R. J. Hutchinson.

ALBERTA

Régisseur, station expérimentale, Lacombe, Alta., F. H. Reed, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Lethbridge, Alta, W. H. Fairfield, M.Sc.
Régisseur, sous-station expérimentale, Beaverlodge, Alta, W. D. Albright.
Régisseur, sous-station expérimentale, Fort Vermilion, Alta., Robt. Jones.

COLOMBIE-BRITANNIQUE

Régisseur, ferme expérimentale, Agassiz, C.-B., W. H. Hicks, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Summerland, C.-B., R. H. Helmer.
Régisseur, station expérimentale, Invermere, C.-B., R. G. Newton, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Sidney, C.-B., E. M. Straight, B.S.A.

MANITOBA

Régisseur, ferme expérimentale, Brandon, Man., W. C. McKillican, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Morden, Man., W. R. Leslie. B.S.A.

SASKATCHEWAN

Régisseur, ferme expérimentale, Indian-Head, Sask., N. D. McKenzie, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Rosthern, Sask., W. A. Munro, B.A., B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Scott, Sask., M. J. Tinline, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Swift-Current, Sask., T. G. Taggart, B.S.A.

NOUVEAU-BRUNSWICK

Régisseur, station expérimentale, Fredericton, N.-B., C. F. Bailey, B.S.A.

NOUVELLE-ÉCOSSE

Régisseur, ferme expérimentale, Nappan, N.-E., W. W. Baird, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, Kentville, N.-E., W. S. Blair.

ÎLE DU PRINCE-ÉDOUARD

Régisseur, station expérimentale, Charlottetown, I. P.-E., J. A. Clark, B.S.A.

ONTARIO

Ferme expérimentale centrale, Ottawa, Ont.
Régisseur, station expérimentale, Kapuskasing, Ont., S. Ballantyne.
Régisseur, station expérimentale à tabac, Harrow, Ont., D. D. Digges, B.S.A., M.S.A.

QUÉBEC

Régisseur, station expérimentale, Cap Rouge, Qué., G. A. Langelier, D.Sc.A.
Régisseur, station expérimentale, Lennoxville, Qué., J. A. McClary.
Régisseur, station expérimentale, Ste-Anne de la Pocatière, Qué., J. A. Ste Marie, B.S.A.
Régisseur, station expérimentale, La Ferme, Qué., P. Fortier, Agr.
Régisseur, station expérimentale à tabac, Farnham, Qué., J. E. Montreuil, B.S.A.

A l'honorable ministre de l'Agriculture,

Ottawa.

MONSIEUR LE MINISTRE: J'ai l'honneur de vous transmettre pour approbation le texte du bulletin n° 4 de la deuxième série, intitulé "Les sols alcalins, leur nature et leur assainissement", qui a été préparé par le chimiste du Dominion, le docteur F. T. Shutt.

C'est la deuxième édition de ce bulletin, la première étant épuisée depuis quelque temps. Aucun changement n'a été apporté au texte, les dernières recherches n'ayant fourni aucun résultat nouveau. Les renseignements que renferme ce bulletin devraient être très utiles pour les cultivateurs qui demeurent dans ces parties des provinces des prairies et de la Colombie-Britannique où il se rencontre parfois de l'alcali.

J'ai l'honneur d'être,

Monsieur le Ministre,

Votre obéissant serviteur,

E. S. ARCHIBALD,

Directeur, fermes expérimentales fédérales.

SOLS ALCALINS

LEUR NATURE ET LEUR ASSAINISSEMENT

PAR

FRANK T. SHUTT, M.A., D.Sc., F.I.C.

Chimiste du Dominion

Beaucoup d'étendues de terre dans les districts semi-arides du Canada—plus spécialement dans certaines parties de la Colombie-Britannique et du sud de l'Alberta,—ont été mises en culture en ces dernières années. On a tant vanté les avantages naturels de ces districts, surtout pour la culture des fruits et des légumes en Colombie-Britannique, et de la luzerne et des récoltes générales de la ferme dans l'Alberta, qu'il est probable que les colons s'y porteront de plus en plus et que beaucoup d'étendues nouvelles seront occupées prochainement. C'est afin de venir en aide aux cultivateurs déjà établis ou à ceux qui se proposent de s'établir dans ces districts semi-arides et alcalins par endroits que nous publions ce bulletin.

Les limites de ces districts semi-arides ne sont pas encore exactement fixées, mais ce dont on ne saurait douter c'est qu'il est nécessaire d'irriguer beaucoup d'étendues pour pouvoir les cultiver avantageusement et qu'il y a, dans bien des endroits, des dépôts d'alcali, soit que cet alcali se trouvait déjà là ou que son apparition ait été provoquée par une mauvaise irrigation. Il existe, ou il se construit actuellement, de vastes systèmes d'irrigation dans certaines localités, comme, par exemple, dans l'Alberta et dans le district d'Okanagan, et ils donnent de bons résultats. Ailleurs, faute de système organisé comme, par exemple, dans les vallées de Columbia, Kootenay et Nicola, beaucoup de cultivateurs ont cherché, chacun pour soi, à y pourvoir, principalement en captant un torrent de montagne, souvent d'un faible débit. La culture irriguée exige des connaissances spéciales, il faut savoir employer l'eau judicieusement. L'eau d'irrigation sert avant tout à satisfaire aux besoins des récoltes; c'est là sa première fonction, mais elle peut aussi servir à assainir les terres rendues plus ou moins stériles, par la présence de certains sels minéraux appelés communément "alcalis". Par contre l'emploi peu judicieux de l'eau d'irrigation peut, en provoquant une montée de l'alcali à la surface, grandement endommager des terres qui, mieux exploitées, auraient produit d'excellentes récoltes. Enfin l'excès d'eau est à éviter, même sur terre bien drainée, car il retarde la maturation naturelle de la récolte.

On voit par ce qui précède que les problèmes agricoles des districts semi-arides diffèrent beaucoup de ceux que les cultivateurs sont appelés à résoudre dans d'autres parties du Canada. Nous voulons étudier ici plus particulièrement deux de ces problèmes: l'assainissement des terres contenant de l'alcali, là où cet alcali se rencontre naturellement, et les précautions à prendre pour prévenir l'apparition de cet alcali dans les terres qui sont actuellement fertiles.

L'alcali ne se rencontre pas au Canada en aussi grandes quantités que dans beaucoup des Etats-Unis du Nord-Ouest. Il ne constitue même pas un obstacle sérieux à la colonisation ou à la bonne culture dans la majeure partie de la zone semi-aride. Il n'y a dans notre pays qu'un petit nombre d'étendues considérables de sols alcalins. L'alcali se rencontre généralement par plaques ou

par taches, dont la dimension varie de quelques pieds carrés à quelques acres, et ce sont, pour la plupart des taches d'alcali blanc. L'alcali "noir" plus nuisible, est beaucoup plus rare.

LA NATURE ET LA FORMATION DES SOLS EN GÉNÉRAL

Les sols arables se composent de deux grandes catégories d'éléments: (1) les éléments minéraux qui proviennent de la désagrégation et de la décomposition partielle des substances rocheuses; et (2) la matière végétale (humus), les restes semi-décomposés des générations de végétaux. Les provisions de chaux, d'acide phosphorique et de potasse que renferme le sol proviennent des premiers, tandis que les deuxièmes, les éléments végétaux, fournissent l'azote nécessaire à la végétation des plantes, et remplissent en même temps un rôle fort important en réglant la température, l'humidité du sol et son aération.

Nos sols vierges sont le produit d'un grand nombre de siècles de travail, mais la formation des sols n'est pas seulement le fait du passé, elle se continue encore de nos jours. Dans les conditions naturelles, comme dans la forêt, la richesse des sols en humus s'accroît sans cesse des racines en décomposition, des feuilles tombées, de la décomposition de végétaux en général et en outre, grâce à l'action chimique, favorisée par la chaleur, l'humidité, l'acide carbonique, etc., les substances rocheuses du sol se décomposent continuellement, quoique lentement, pour donner naissance à des composés minéraux solubles, dont quelques-uns peuvent être utiles et d'autres nuisibles aux végétaux.

L'ORIGINE DES SOLS ALCALINS

Dans les districts humides, c'est-à-dire ceux qui jouissent de pluies plus ou moins abondantes, les sels minéraux formés par ces procédés que l'on appelle communément "l'exposition à l'air," disparaissent à mesure qu'ils sont produits. Ils sont utilisés en partie par la végétation et tous les sels nuisibles qui restent sont entraînés par les pluies dans les profondeurs du sol. Ils ne s'accumulent donc pas à la surface du sol.

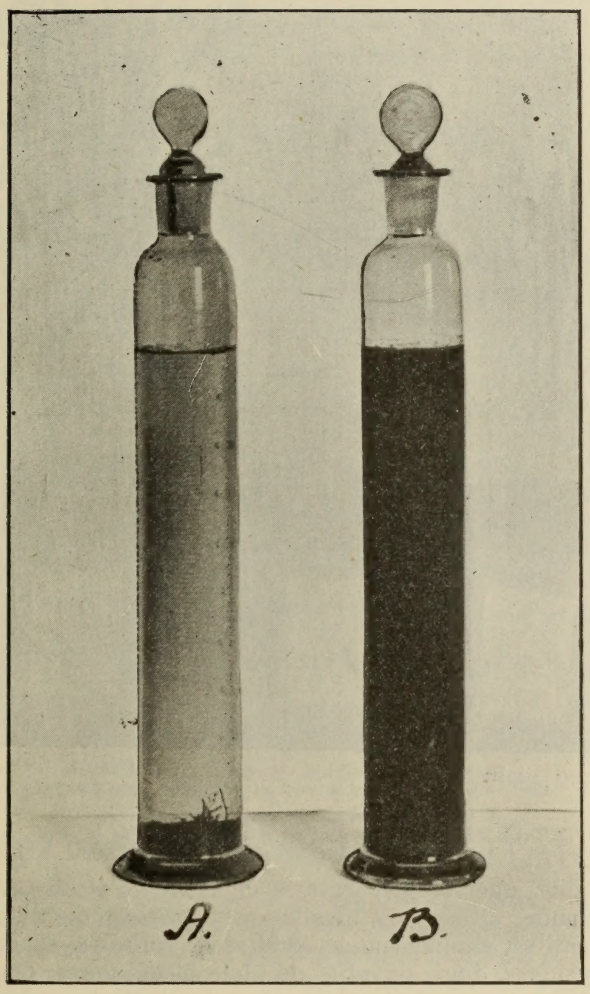
Mais il n'en est pas toujours ainsi dans les districts arides et semi-arides. Là, la pluie rare est encore suffisante pour provoquer la formation de ces sels minéraux solubles, mais elle est tout à fait insuffisante pour les entraîner dans les profondeurs. Ils restent à quelques pouces ou même à quelques pieds de la surface et plus tard ils remontent à la surface par l'action de la capillarité, avec l'évaporation de l'eau qui les tenait en solution, et le sol devient plus ou moins impropre à la culture. Cet alcali peut simplement imprégner le sol de surface, ou encore il peut apparaître sous forme d'incrustations ou d'efflorescences, si l'évaporation dépasse beaucoup la hauteur de pluie.

Cette explication nous fait comprendre pourquoi la présence de l'alcali ne saurait être considérée comme un indice que le sol est par lui-même inapte à la

---

*On trouvera de plus amples renseignements sur les conditions dans lesquelles la culture se pratique dans bien des parties des étendues semi-arides du Nord-Ouest du Canada, dans les rapports de 1904 et 1906 du service de la chimie, fermes expérimentales, qui contiennent le compte rendu de deux longs voyages faits par l'auteur en Colombie-Britannique et dans l'Alberta du sud.

**L'humus est le magasin naturel d'azote dans le sol. La richesse du sol en azote augmente ou diminue avec la quantité d'humus. L'humus remplit un rôle très utile en améliorant l'état physique des argiles et des sables, de façon à leur permettre de porter des récoltes. Il fournit les substances dont les micro-organismes du sol se nourrissent et il favorise ainsi la multiplication de ces micro-organismes qui préparent la nourriture des plantes. Enfin il aide à maintenir la fertilité du sol en dégageant continuellement, au fur et à mesure qu'il se décompose, de petites quantités de matière minérale sous des formes toutes prêtes à être absorbées par les racines des plantes.



Assainissement de sol à "alcali noir":—

A—Traité par le plâtre à amendement ou gypse, qui cause floconnement et précipitation de l'humus.

B—Non traité. Humus en solution. Très peu de sédimentation au bout de plusieurs jours.

Effet utile de la chaux sur un sol à "alcali" magnésien :—
1. Grain dans terre à empotage (Potting soil).
2. Grain dans terre contenant du sel d'Epsom et de la chaux.
3. Grain dans terre contenant du sel d'Epsom.

culture. En réalité, une fois débarrassés de l'excès d'alcali qu'ils contiennent, le plus grand nombre de ces sols alcalins sont excessivement fertiles*, mais la présence de l'alcali est simplement le résultat de certaines conditions de climat ou, pour nous résumer, d'une quantité de pluie insuffisante. On peut donc dire que les sols alcalins ne se rencontrent que dans les districts arides ou semi-arides, et ces districts ne se trouvent au Canada que dans certaines étendues de la Colombie-Britannique, du sud de l'Alberta et, jusqu'à un certain point, dans la Saskatchewan et le Manitoba.

LA COMPOSITION ET LA RÉPARTITION DES SELS DANS LES SOLS ALCALINS

Les substances que l'on désigne par le nom général d'alcalis se composent principalement de sulfate de soude (sel de Glauber), de carbonate de soude (soda à laver), de chlorure de sodium (sel commun), de sulfate de magnésie (sels d'Epsom) et parfois de chlorures de calcium et de magnésium. La quantité totale de ces sels est extrêmement variable. On signale des pourcentages de

*L'analyse chimique fait voir que les sols des régions arides ou semi-arides sont en général beaucoup plus riches en éléments de fertilité que ceux des districts humides, surtout en ce qui concerne la quantité de chaux ou de potasse.

0.1 à 3.0 dans les premiers quatre pouces de profondeur. Il s'ensuit naturellement qu'il existe de grandes différences parmi les sols alcalins quant à l'effet plus ou moins nuisible qu'ils exercent sur la végétation. En outre l'alcali peut être limité sous une forme concentrée à la surface immédiate du sol, peut-être aux premiers six pouces de la surface, ou il peut être réparti sur une épaisseur de trois à quatre pieds, formant un pourcentage presque négligeable du sol total, suivant la nature du sol et la quantité de pluie. Vers la fin de la saison sèche cependant, il y a toujours une accumulation plus ou moins grande d'alcali vers la surface.*

ALCALI "BLANC" ET "NOIR"

Mais la nature de l'alcali est encore plus importante que la quantité. C'est elle qui affecte le plus la productivité du sol et la question de savoir s'il peut y avoir avantage à l'assainir. On reconnaît généralement deux sortes d'alcalis, l'"alcali blanc" et l'"alcali noir", ainsi appelés à cause de l'aspect de leurs incrustations respectives. Tous deux diffèrent dans l'intensité de leur action toxique sur la vie des végétaux et aussi dans la façon dont ils répondent aux simples mesures de traitement.

L'alcali blanc se compose principalement de sulfate et de chlorure de sodium (sel de Glauber et sel commun) mais il peut aussi contenir des quantités suffisantes de chlorure et de sulfate de magnésie (sels amers et sels d'Epsom). J'ai vu des endroits où la plus grande partie de l'alcali se composait principalement de ces sels de magnésie, mais ces endroits sont assez rares. L'alcali blanc est donc un terme générique. On l'emploie pour désigner l'un ou l'autre des sels mentionnés ou tous ces sels; nous avons déjà vu qu'il se compose généralement d'un mélange de plusieurs de ces sels.

L'alcali noir est caractérisé par la présence de carbonate de soude (soda à laver) mais ce composé se trouve presque toujours associé avec un ou plusieurs des chlorures ou des sulfates mentionnés dans le paragraphe précédent. Chacun sait que le carbonate de soude est blanc, mais comme il agit sur la matière végétale décomposée du sol (humus) et qu'il la dissout, l'incrustation a une teinte brun foncé ou noir, d'où le nom. Les flaques d'eau sur les sols imprégnés de ce carbonate ont invariablement une couleur noire et ressemblent beaucoup à une forte infusion de café.

DOMMAGES CAUSÉS AUX PLANTES PAR L'ALCALI

Nous avons vu que les sels alcalins sont solubles; il s'ensuit donc que l'eau qui se trouve dans un sol imprégné d'alcali est une solution plus ou moins concentrée de ces sels. C'est l'eau du sol qui fait germer la graine et qui transporte la nourriture aux racines de la plante naissante. Puisqu'elle est appelée à remplir ces fonctions importantes il est donc essentiel qu'elle ne contienne aucune substance nuisible. Or, nous savons par expérience que les solutions que l'on trouve dans les sols alcalins exercent un effet nuisible sur les cellules dont se composent les tissus de racines, elles tirent l'eau naturelle de ces cellules par un phénomène que l'on appelle osmose. Il en résulte que les cellules deviennent flasques, leur protoplasme se retire des parois, la plante se fane et peut en mourir. Plus le pourcentage d'alcali est considérable,— en d'autres termes plus la solution est concentrée,—plus ses effets sous ce rapport sont prononcés.

Un autre fait au sujet duquel il ne saurait y avoir de doute, c'est que beaucoup de ces sels alcalins, après avoir été absorbés par la plante, agissent en vrais poisons sur la cellule végétale.

*On trouve avec ces sels, qui tous doivent être considérés comme nuisibles aux récoltes, des quantités importantes d'un grand nombre de composés utiles pour la végétation, c'est-à-dire des composés de potasse et d'acide phosphorique, et ce sont ces substances qui donnent au sol, une fois débarrassé de son alcali, le haut degré de fertilité par lequel il se distingue.

Nous avons déjà vu que l'alcali noir est plus violent dans son action que l'alcali blanc, et que, par conséquent, il est beaucoup plus à redouter que ce dernier. Le carbonate de soude qu'il renferme est corrosif. Il ronge les tissus, surtout à la surface immédiate du sol. Il suffit de très petites quantités de cet alcali noir dans un sol pour empêcher la germination des semences ou pour détruire les tendres radicelles des jeunes plantes qui ont levé. Il est aussi plus nuisible aux arbres fruitiers que ne l'est l'alcali blanc. Il ronge les tissus de l'écorce à la surface du sol, c'est-à-dire au collet de la racine. Les symptômes de cet encerclement se voient dans le jaunissement des feuilles et leur chute prématurée. Ces indications sont généralement le précurseur d'une mort prochaine*.

En parlant des effets de l'alcali noir sur la plante, il y aurait un mot à ajouter au sujet de l'effet qu'il exerce sur l'état physique du sol. Tous les genres d'alcali sont nuisibles à cet égard, mais tout particulièrement l'alcali noir. Le sol se gâche facilement, il perd la faculté de devenir floconneux et devient presque impénétrable à l'eau. Il forme en séchant des masses réfractaires dures, et devient excessivement difficile à travailler. Très souvent il se forme sous ces sols une couche dure presque impénétrable, et il est à peu près impossible d'y mettre des tuyaux de drainage.

ASSAINISSEMENT DES SOLS ALCALINS

Par le lessivage et le drainage.—Nous avons vu plus haut que le manque de pluie est la cause principale de la formation ou de l'apparition de l'alcali. Il s'ensuit naturellement qu'un bon moyen de se débarrasser des sels solubles et nuisibles est de laver parfaitement le sol. En réalité, de tous les remèdes, c'est celui qui donne les résultats les plus satisfaisants et les plus permanents. La plupart des sols alcalins se rencontrent dans des régions où l'on pratique l'irrigation, pour fournir aux récoltes l'eau dont elles ont besoin. On peut employer cette eau pour laver le sol et entraîner l'alcali. Mais si l'égouttement naturel du sol n'est pas satisfaisant, il faut, avant d'irriguer, établir un bon système de drainage. En effet l'irrigation de terres qui contiennent des quantités tant soit peu importantes d'alcali et qui reposent sur un sous-sol dur, non drainé, ne fait qu'empirer les choses. L'inondation de ces sols peut apporter un soulagement temporaire en entraînant l'alcali au-dessous de la zone occupée par les racines au commencement de la saison, mais à mesure que l'eau s'évapore (elle ne peut pas s'échapper par le drainage) l'alcali revient à la surface par la capillarité. Si l'eau a traversé des couches de terre qui contiennent beaucoup d'alcali, alors, comme résultat de cette évaporation, la surface est encore en plus mauvais état qu'avant l'inondation, car elle est imprégnée de sels qui jusque-là se trouvaient répartis sur une couche de trois à cinq pieds de terre. C'est ce que l'on appelle la "montée de l'alcali" et c'est un résultat direct de l'inondation ou de l'irrigation peu judicieuse. C'est la montée de l'alcali provoquée de cette façon (irrigation sans drainage) qui a ruiné aux Etats-Unis d'immenses étendues de terres, autrefois fertiles et arables.

Une question qui offre de nombreux rapports avec celle-ci est l'irrigation des pentes ou des flancs de coteaux. Il faudrait prendre des dispositions pour pourvoir à l'écoulement des eaux d'infiltration qui, sans cela, inondent les terrains bas, causant ainsi beaucoup de mal, soit en faisant monter la nappe d'eau souterraine plus près de la surface, et noyant ainsi les racines des plantes, soit en

*Les effets de l'alcali noir sont très semblables à ceux qui résultent d'une nappe d'eau très haute. J'ai examiné plusieurs vergers dans les terres basses de la Colombie-Britannique où l'on croyait que l'alcali noir faisait mourir les arbres, et j'ai constaté que ces arbres se trouvaient sur un sol à peu près sans alcali, mais où l'eau restait à quelques pouces de la surface pendant plusieurs semaines à certaines saisons de l'année. On fera donc bien de faire un examen à ce sujet, si les arbres paraissent souffrir. Il est essentiel que le sol soit bien drainé, et s'il ne l'est pas naturellement, il faut pourvoir au drainage, qu'il y ait ou non de l'alcali. En outre si l'on soupçonne la présence du carbonate de soude, même en très légères quantités, il faudra épandre du plâtre autour de la base des arbres et très près du tronc pour empêcher la corrosion des tissus. Le plâtre est un excellent remède contre les ravages de l'alcali noir.

accumulant de l'alcali. J'ai vu plusieurs étendues qui avaient été grandement endommagées par ces infiltrations d'une façon ou d'une autre,—souvent des deux façons,—et qui, il n'y a encore que quelques années, rapportaient d'excellentes récoltes. Un fait qui paraît étrange à ceux qui n'ont pas beaucoup réfléchi à cette question, c'est cette apparition de l'alcali sur ces bas-fonds, quand aucun symptôme de la présence de ces sels n'apparaissait dans le sol des flancs de coteaux ou dans la terre basse avant l'irrigation. Mais il ne faut pas oublier que dans un pays semi-aride il existe toujours dans le sol plus ou moins de matières minérales (sels) qui peuvent être enlevées par les eaux. Au bout de quelques saisons ces sels s'accumulent, se concentrent au point de devenir nuisibles. Ils peuvent même ruiner complètement la terre sur des endroits plats ou bas, à moins que l'on ne pourvoit à un bon drainage. Les fossés d'égouttement ont une certaine utilité, mais le drainage au moyen de tuyaux est beaucoup plus efficace.

Le traitement de l'alcali noir.—Il y a quelques années le professeur Hilgard, directeur de la station expérimentale de la Californie a fait remarquer que l'application de plâtre (gypse moulu) au sol imprégné d'alcali noir, convertit le carbonate de soude corrosif en un sulfate de soude, dont l'élément principal est l'alcali blanc, lequel, comme nous l'avons vu, n'est pas aussi nuisible aux végétaux. Cette découverte a rendu de grands services. Elle a permis d'assainir sans grands frais de grandes étendues de sols, jusque-là incultes aux Etats-Unis. S'il n'y a que de petites quantités de carbonate, on peut mettre la terre en état de culture simplement par une application de plâtre. Mais dans la majorité des cas il faudrait comme nous l'avons déjà dit, enlever également le sulfate résultant par un lavage, afin que le sol soit prêt à porter des récoltes. On ne peut calculer la quantité de plâtre à employer pour transformer complètement le carbonate en sulfate qu'après avoir, par une analyse, déterminé la quantité de carbonate présente dans le sol—cette quantité peut varier de plusieurs centaines de livres par acre à plusieurs tonnes. Cependant, comme le dit Hilgard, "il n'est pas généralement nécessaire d'ajouter en une fois toute cette quantité, pourvu que l'on en emploie suffisamment pour neutraliser (convertir en sulfate) le carbonate de soude près de la surface et laisser assez de temps pour que cette transformation se produise".

Il y aurait un mot à ajouter ici au sujet des effets bienfaisants du plâtre sur la texture des sols renfermant de l'alcali noir. On constate presque immédiatement une amélioration. Hilgard dit à ce sujet: "Les taches et les plaques noirâtres disparaissent parce que le plâtre rend insoluble l'humus dissous et le rend ainsi au sol. Ce dernier, jusque-là dur et gâché, s'émiette, se transforme en une masse ouverte que l'eau traverse maintenant librement, et les endroits déprimés remontent au niveau général du sol. Sur la surface ainsi assainie les graines de semence germent et poussent maintenant sans difficulté, et comme l'action nuisible de l'alcali s'exerce à la surface ou près de la surface, il vaut généralement mieux incorporer tout simplement le plâtre à la herse, en laissant l'eau l'entraîner dans le sol, la solution de phosphates solubles présents se décompose et les phosphates de terre finement divisés mais moins solubles sont retenus dans le sol". Le drainage qui généralement est excessivement difficile d'exécution sur les sols alcalins noirs, devient pratique après l'application du plâtre. Un excès de plâtre ne fait aucun mal, on peut même le considérer comme un engrais d'une certaine valeur, mais naturellement le plâtre ne peut faire aucun bien aux sols imprégnés d'alcali blanc.

Enlèvement de l'alcali de la surface du sol.—Lorsque l'alcali se rencontre, comme il le fait souvent, par taches ou par plaques d'une étendue limitée, et qu'il est impossible ou peu pratique d'inonder ou de drainer cette étendue, on peut l'enlever entièrement ou en partie au moyen d'une pelle à cheval (ravale)

ou d'un instrument du même genre. Il suffit généralement d'enlever de trois à six pouces de la surface du sol et, comme le fait remarquer Hilgard "cette perte est peu importante sur les sols profonds des régions arides".

Comment empêcher l'évaporation de surface.—Toutes les façons culturales qui tendent à enrayer l'évaporation sont utiles, et elles devraient être pratiquées sur les sols alcalins, car il ne faut jamais oublier que c'est cette évaporation qui cause l'accumulation de l'alcali à la surface, ou près de la surface.

Les binages fréquents s'opposent à la capillarité et préviennent ainsi l'évaporation. Sur bien des sols contenant une petite quantité d'alcali blanc, ces binages peuvent suffire et l'on peut y planter ensuite une plante sarclée, qui permet de tenir la surface continuellement recouverte d'un tapis de poussière sèche.

On s'est servi de différents paillis, comme la paille, le fumier, etc., pour enrayer l'évaporation, mais on n'a pas trouvé qu'ils étaient aussi utiles que les binages. Il est possible cependant qu'ils rendent service dans les vergers et les plantations de petits fruits. Les récoltes qui fournissent beaucoup d'ombrage, comme les arbres fruitiers et la luzerne, réussissent souvent à empêcher la montée de l'alcali, résultant de l'évaporation. Mais naturellement elles sont plus utiles sur les sols très faiblement imprégnés d'alcali que sur ceux qui sont très chargés.

Les binages doivent être accompagnés d'un labour profond—très profond. La plus grande partie de l'alcali est déjà à la surface, et le retournement de la surface du sol et son mélange avec les couches profondes et relativement indemnes, suffisent souvent pour faire un sol dans lequel les récoltes ordinaires peuvent pousser. Il faut, bien entendu, que ce labour profond soit suivi par des binages fréquents et assez profonds, afin d'empêcher la montée de l'alcali. Hilgard dit à ce sujet: "Quel que soit le moyen d'assainissement employé, le *labour profond et les binages parfaits* doivent être considérés comme facteurs essentiels au maintien de la production sur les sols alcalins".

Application du fumier.—Les applications fortes et répétées de fumier, plus spécialement de fumier de cheval, sont très utiles pour les endroits où il y a de l'alcali. Ce traitement suffit souvent pour assainir complètement le sol en deux ou trois saisons, et l'on peut en recommander l'essai en toute confiance là où la quantité d'alcali n'est pas très forte.

L'action bienfaisante du fumier s'exerce sans doute par trois moyens: d'abord en fournissant une nourriture immédiatement assimilable pour la jeune plante. Les radicelles, qui sont alors dans la phase la plus tendre et la plus délicate de leur existence, trouvent ainsi facilement leur nourriture, et la récolte pousse rapidement et acquiert une vigueur qui lui permet de résister à une certaine quantité d'alcali. En deuxième lieu, le mélange du fumier avec le sol doit grandement améliorer l'état mécanique ou la texture de ce sol, le rendant plus meuble, plus perméable à l'eau, et permettant une aération plus rapide. En fait, sous bien des rapports, ce mélange fait du sol un milieu plus favorable au développement des racines. En dernier lieu, en détruisant la capillarité dans le sol de surface, le fumier agit comme paillis, et il rend ainsi de très grands services en empêchant l'accumulation de l'alcali.

Chaux pour l'alcali magnésien.—On trouve parfois de l'alcali qui se compose principalement, sinon exclusivement, de sulfate de magnésie (sels d'Epsom) quoique les sels de soude ne sont pas entièrement absents. On peut corriger cet alcali au moyen d'une application de chaux ou de marne, suivie par le drainage ou l'irrigation. J'ai fait, il y a quelques années, des expériences qui ont démontré très clairement l'effet bienfaisant que le mélange de chaux ou de marne avec le sol exerce sur la végétation—sous son effet le sulfate de magnésie nuisible se convertit en un composé de magnésie insoluble et inerte. Il se forme en même temps du sulfate de chaux (plâtre).

Avant de faire une application de chaux, il est essentiel de se renseigner sur la nature de l'alcali présent, sinon les résultats de cette application pourraient être désastreux. Si, par exemple, on ajoutait de la chaux à des sols qui contiennent plus que des traces de sulfate et de carbonate de soude (alcali blanc et noir) il se formerait des quantités appréciables de soude caustique, un composé des plus corrosifs et des plus nuisibles à la végétation.

Pour terminer cette discussion sur les remèdes à prendre, je désire dire un mot au sujet de l'idée généralement répandue parmi les cultivateurs établis dans les districts à alcali: Ces cultivateurs s'imaginent qu'il y a ou qu'il devrait y avoir un ingrédient chimique que l'on pourrait appliquer aux sols contenant de l'alcali blanc (principalement le sulfate et le chlorure de sodium) pour détruire ou neutraliser les éléments nuisibles. Cet ingrédent n'existe pas. Comme nous l'avons déjà vu, le seul moyen de se débarrasser de cet alcali est de l'enlever par le lavage du sol et par le drainage.

RÉCOLTES À CULTIVER SUR LES SOLS ALCALINS

Les plantes diffèrent beaucoup les unes des autres dans leur faculté de résistance à l'alcali. Quelques-unes poussent et arrivent à maturité sur des sols tellement imprégnés que la majorité des récoltes n'y auraient aucune chance de succès. Ces plantes sont naturellement très précieuses dans les districts à alcali. Il y en a d'autres également qui absorbent des quantités considérables d'alcali blanc sans pour cela que leur croissance soit retardée et on peut les employer comme agents dans l'assainissement des étendues imprégnées.

Les betteraves à sucre sont d'une tolérance remarquable sous ce rapport. Leur végétation enlève au sol de grandes quantités de sels minéraux, si bien qu'en un petit nombre de saisons, lorsqu'il n'y a pas des quantités considérables d'alcali, cette récolte peut à tel point améliorer le sol que les céréales et les graminées finissent par s'y plaire. Les premières récoltes de betteraves que l'on obtient sur ces sols seront peut-être trop amères pour le bétail, mais nous croyons que les services qu'elles rendent font compensation pour la perte de récolte.

Les betteraves à sucre sont suivies de près par les betteraves fourragères. Ces dernières ne sont pas aussi résistantes à l'alcali que les betteraves à sucre, mais elles ont donné d'assez bons résultats en enlevant les sels délétères. Comme ce sont toutes deux des plantes sarclées, les façons culturales nécessaires aident à enrayer l'évaporation et retardent ainsi la montée et l'accumulation de l'alcali.

Quant aux céréales, les opinions diffèrent relativement à la faculté de résistance de l'avoine et de l'orge. En général on considère que l'orge est la meilleure récolte pour une terre affectée. Mais Jensen a démontré que l'avoine est plus résistante lorsque la majeure partie de l'alcali se compose de sulfate de soude. Le blé est plus susceptible que l'orge ou que l'avoine et parmi les variétés généralement semées on dit que les blés durums ou "à macaroni" sont les plus résistants.

Parmi les bonnes graminées fourragères que l'on peut cultiver sur les sols alcalins il y a la fléole (ou mil), le brome inerme, l'agrostide et le ray-grass vivace. Nous avons la preuve au Canada que le brome inerme est spécialement utile pour cela. Il peut apparemment résister à une bonne quantité d'alcali blanc.

Les légumineuses, sauf peut-être la luzerne et le mélilot blanc, paraissent être spécialement susceptibles à l'alcali. On cultive la luzerne cependant sur des étendues où paraissent des taches d'alcali, et une fois bien établie elle donne d'assez gros rendements, mais pour obtenir une levée il est nécessaire que les premiers pouces du sol dans lequel la graine germe soient à peu près sans alcali.

Une fois que la luzerne est entièrement développée, la partie des racines qui puise la nourriture pour la plante se trouve sans doute au-dessous des couches de sol qui contiennent de l'alcali. L'ombrage donné par la récolte empêche l'accumulation de l'alcali à la surface.

M. W. H. Fairfield, régisseur de la ferme expérimentale de Lethbridge, Alta., qui a eu beaucoup d'expérience sur l'assainissement des sols à alcali, dit ce qui suit au sujet du choix des récoltes: "Parmi les légumineuses, le mélilot blanc (*melilotus alba*) ou trèfle d'odeur, pousse sur des terres où peu d'autres plantes réussiraient. Il n'a cependant que peu de valeur comme nourriture et c'est souvent une mauvaise herbe. Nous avons constaté qu'il est utile comme première récolte sur sols à alcali, avant de semer des récoltes qui ont moins de résistance à ce sel".

En fait de légumes il n'y en a que très peu que l'on peut cultiver sur sols alcalins. Nous avons déjà parlé de la résistance des betteraves à sucre. L'asperge est aussi une autre exception. L'asperge résiste et pousse dans un sol qui contient une quantité considérable d'alcali blanc. Les pommes de terre sont aussi une récolte résistante à l'alcali mais les tubercules sont généralement de mauvaise qualité et ils ne se conservent pas bien. On dit que les artichauts tolèrent assez bien l'alcali.

En ce qui concerne les arbres fruitiers, grands et petits, il n'y a que peu de choses à dire au sujet de leur faculté de résistance. Un auteur donne l'ordre de tolérance suivant pour les arbres fruitiers: Poiriers, cognassiers, oliviers, figuiers, pommiers, amandiers, pêchers, pruniers, orangers et citronniers. J'ai déjà dit plus haut que j'ai vu des arbres que l'on croyait souffrir de l'alcali et qui, en réalité, souffraient d'un excès d'eau (un niveau d'eau trop élevé). Dans tous les districts alcalins ou l'on se propose d'établir un verger, il est donc essentiel avant tout, de pourvoir à un bon drainage.